

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
10. Mai 2002 (10.05.2002)

PCT

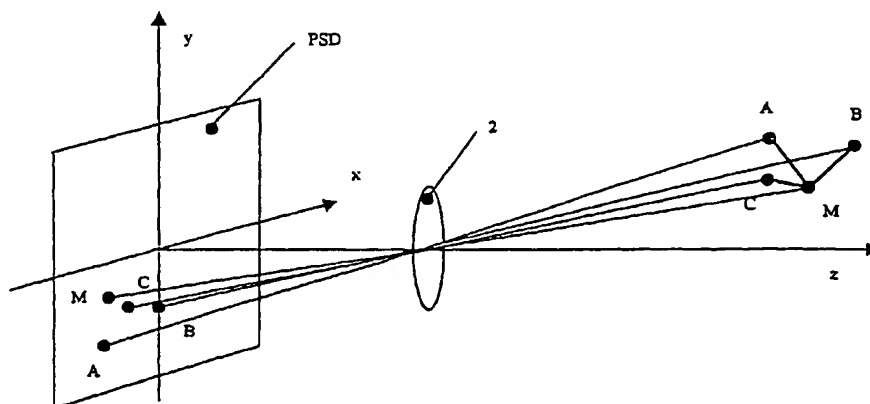
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/35904 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation: Nicht klassifiziert
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP01/12645
- (22) Internationales Anmeldedatum: 31. Oktober 2001 (31.10.2001)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität: 100 54 282.4 2. November 2000 (02.11.2000) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): ABATEC-ELECTRONIC AG [AT/AT]; Oberregauer Strasse 48, A-4844 Regau (AT).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): NIEDERNDORFER, Friedrich [AT/AT]; Aurach am Hongar Nr. 68, A-4861 Schorfling am Attersee (AT).
- (74) Anwälte: JACOBY, Georg usw.; Samson & Partner, Widenmayerstrasse 5, 80538 München (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR DETERMINING THE POSITION, ORIENTATION AND/OR DEFORMATION OF AN OBJECT

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM BESTIMMEN DER POSITION, ORIENTIERUNG UND/ODER VERFORMUNG EINES OBJEKTES



(57) Abstract: The invention relates to a device and method for determining the position, orientation and/or deformation of an object whereby electromagnetic signals are emitted from one or more signal transmitters (A-G, M) arranged on an object. According to the invention, the signal transmitters (A-G, M) are controlled in such a way that the individual signals are different from each other. Said signals are projected onto at least one two-dimensional resolution position detector (PSD) and there they are converted into two-dimensional positioning co-ordinates. The position, orientation and/or deformation of an object is determined from the positioning co-ordinates.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Bestimmen der Position, Orientierung und/oder Verformung eines Objektes, bei welchem von einem oder mehreren an dem Objekt angeordneten Signalgebern (A-G, M) elektromagnetische Signale ausgesendet werden, wobei die Signalgeber (A-G, M) derart gesteuert werden, dass die einzelnen Signale voneinander unterscheidbar sind; diese Signale auf wenigstens einen zweidimensional auflösenden Lagedetektor (PSD) projiziert und dort in zweidimensionale Lagekoordinaten umgewandelt werden; und aus den Lagekoordinaten die Position, Orientierung und/oder Verformung des Objektes bestimmt wird.

WO 02/35904 A2



(84) **Bestimmungsstaaten (regional):** ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Verfahren und Vorrichtung zum Bestimmen der
5 Position, Orientierung und/oder Verformung eines Objektes

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Bestimmen der Position, Orientierung und/oder Verformung eines Objektes.

10

Oftmals ist es wünschenswert die Flugbahn und genaue Bewegung eines Objektes analysieren zu können. Beispielsweise werden im Sportbereich Analysen von Bewegungsabläufen, insbesondere unter Einsatz modernster Technik immer stärker nachgefragt. So finden
15 heutzutage bereits im großen Maße Videoanalysen statt, bei denen beispielsweise der zu analysierende Schlag eines Tennis- oder Golfspielers auf Band aufgezeichnet wird und anschließend von einem Sportkundigen durch Abspielen des Bandes in Zeitlupe analysiert wird. Aufgrund der zweidimensionalen Aufzeichnung
20 eines in drei Dimensionen stattfindenden Bewegungsablaufs ist es jedoch schwierig, genaue Analysen erstellen zu können.

So sind aus dem Stand der Technik bereits einige Verfahren und Vorrichtungen bekannt, mit denen die Position und Orientierung
25 eines Objektes bestimmt werden kann.

Die Druckschrift EP 0 704 715 A1 zeigt beispielsweise ein portables System für die Bestimmung der Anfangsflugbahn eines Golfballes, Basketballes, Fußballes, etc. Hierzu sind auf dem
30 Objekt mehrere reflektierende oder kontrastreiche Flächenmarkierungen aufgebracht. Diese Flächenmarkierungen werden von einer oder zwei Kameras aufgenommen, indem eine Kamerablende synchron mit dem Aussenden eines Blitzlichtes geöffnet wird. Somit zeichnet die Kamera also ein Lichtmuster aller sichtbaren Flächenmarkierungen in Form von Momentaufnahmen auf. Die Position
35 und Orientierung des Golfballes wird anschließend aus den erhaltenen zweidimensionalen Kameradaten der Flächenmarkierungen und Kalibrierungsdaten bestimmt. Die Kalibrierungsdaten werden vor Inbetriebnahme des Systems durch Aufzeichnen von 20 Flä-

chenmarkierungen eines Objektes, dessen Position und Orientierung bekannt ist, sowie der Brennweite, Orientierung und Position der Kamera bestimmt. Von der Kamera wird lediglich das von beispielsweise 6 Markierungen stammende Lichtmuster aufgezeichnet, das somit 6 voneinander ununterscheidbare Lichtflecke zeigt. Die Auswerteelektronik muß schließlich jedem aufgezeichneten Lichtfleck die zugehörige Markierung auf dem Golfball (z.B. unter Analyse des zuvor aufgenommen Lichtmusters und einer Bewegungsvorhersage) zuordnen. Dies ist solange möglich, solange sich die Lichtflecke von Aufnahme zu Aufnahme nur wenig auf der Kameraaufnahme­fläche verschieben (wenn der Zeitraum zwischen den Aufnahmen zu groß ist, ist eine solche Zuordnung nicht mehr eindeutig möglich) und die Bewegungsfreiheitsgrade des Objektes, insbesondere hinsichtlich einer Verformung desselben, nicht zu groß sind.

Der Erfindung liegt nunmehr die Aufgabe zugrunde, das aus dem Stand der Technik bekannte Verfahren und die zugehörige Vorrichtung derart weiterzuentwickeln, daß die Positions-, Orientierungs- und/oder Verformungsbestimmung, insbesondere unabhängig von der Aufnahmegeschwindigkeit und der Bewegungsfreiheitsgrade, eindeutig wird.

Die Erfindung löst diese Aufgabe jeweils mit den Gegenständen der Ansprüche 1 und 14. Bevorzugte Ausführungsbeispiele sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Danach ist ein Verfahren zum Bestimmen der Position, Orientierung und/oder Verformung eines, insbesondere sich bewegenden Objektes geschaffen, bei welchem von einem oder mehreren an dem Objekt angeordneten Signalgebern elektromagnetische Signale ausgesendet werden, wobei die Signalgeber derart gesteuert werden, daß die einzelnen Signale voneinander unterscheidbar sind, diese Signale auf wenigstens einen zweidimensional auflösenden Lagedetektor projiziert und dort in zweidimensionale Lagekoordinaten umgewandelt werden und aus den Lagekoordinaten die Position, Orientierung und/oder Verformung des (sich bewegenden) Objektes bestimmt wird. Vorteilhaft wird die Positions-, Orientierungs- und/oder Verformungsbestimmung mit der zusätzlichen

Kennzeichnung jedes Signals erstens erleichtert, da keine entsprechenden mathematischen Identifikationsverfahren erforderlich sind, und zweitens eindeutig (siehe oben). Hierbei können bei einer einfachen möglichen Kennzeichnungsvariante die Signalgeber Lichtsignale auf unterschiedlichen Frequenzen aussenden, wobei der Lagedetektor oder ein zusätzlich bei dem Lagedetektor angeordneter Detektor die jeweiligen Frequenzen identifizieren kann. Zudem können mehrere Lagedetektoren, für jede Frequenz ein Lagedetektor, eingesetzt werden, die beispielsweise Filter vor ihrer Aufnahme­fläche haben und somit frequenzselektiv arbeiten. Diese einfache Kennzeichnung wird erstmals möglich, da bei der Erfindung - im Gegensatz zum oben beschriebenen Stand der Technik - aktiv leuchtende Signalgeber anstelle von passiven Reflektoren verwendet werden. Je nach Zahl der Translations-, Rotations- und Verformungsfreiheitsgrade des Objektes sowie der Anzahl an Lagedetektoren ist eine bestimmte Mindestzahl der am Objekt vorgesehenen Signalgebern erforderlich. Diese Signalgebern können zu Gruppen zusammengefaßt werden und an verschiedenen Orten am Objekt angebracht werden. Insbesondere werden solche Gruppen an Stellen des Objektes angebracht, die sich zu anderen Stellen des Objektes bewegen können. Umfaßt das Objekt beispielsweise ein Schwenkgelenk, so kann je eine Gruppe an Signalgebern an einem Schwenkarm des Schwenkgelenks starr angebracht werden, wobei jede Gruppe abhängig von den Translations- und Rotationsfreiheitsgraden des jeweiligen Schwenkarms eine bestimmte Anzahl an Signalgebern umfaßt.

Bevorzugt wird das Aussenden der Signale von den Signalgebern derart gesteuert, daß die Signale beim Lagedetektor zeitlich nacheinander in entsprechenden Zeitfenstern eintreffen. Somit muß nicht zwingend ein frequenzauflösender Lagedetektor eingesetzt werden, da mit einer entsprechenden Steuerschaltung bei den Signalgebern und einer entsprechenden Auswerteschaltung beim Lagedetektor (die untereinander synchronisiert sind) zu jedem Zeitpunkt feststeht, welcher Signalgeber gesendet hat. Vorteilhaft kann auch ein sogenannter PSD-Detektor (position sensitive detector) verwendet werden, der pro Zeitfenster die Koordinaten eines einzigen auf ihn projizierten Lichtfleckes

ausgibt (wenn beispielsweise ein Lichtsignal als elektromagnetisches Signal verwendet wird). Es können bei dieser Ausführungsform beispielsweise auch zwei Signalgeber gleichzeitig ihre Signale aussenden, sofern sich die Signalgeber an zwei gegenüberliegenden Seiten eines Objektes befinden und der Lagedetektor somit zu jedem Zeitpunkt nur eines der beiden Signale abhängig von der Orientierung des Objektes empfängt.

Bevorzugt wird zusammen mit jedem Signal eine Zusatzinformation zum Identifizieren des ausgesendeten Signals übertragen. Dies kann die oben bereits angesprochene Frequenz des Signals sein. Alternativ ist die Zusatzinformation bevorzugt als Codierung in jedem Signal enthalten. Besonders bevorzugt kann die Zusatzinformation dabei dem jeweiligen Signal aufmoduliert werden. Die Modulation kann eine Frequenz-, Phasen- oder Amplitudenmodulation sein. Diese Zusatzinformation kann dabei zusätzlich oder alternativ zu der Maßnahme eingesetzt werden, die Signale in festen Zeitfenstern zu senden. Ersteres erhöht die Identifikationssicherheit.

Sollte der Lagedetektor von seiner Verarbeitungsgeschwindigkeit dazu in der Lage sein, kann die codierte bzw. modulierte Zusatzinformation bevorzugt von dem Lagedetektor direkt decodiert bzw. demoduliert werden. Dies erübrigt eine zusätzliche Empfangseinheit. Wird die Frequenz, mit der die einzelnen Signale zeitlich nacheinander gesendet werden, jedoch weiter erhöht (um beispielsweise eine feinere Positionsauflösung auch bei hohen Objektgeschwindigkeiten zu erzielen), so kann es erforderlich werden, die Zusatzinformation bevorzugt von einer separaten Empfangseinheit zu empfangen. Der Lagedetektor beschäftigt sich dann allein mit der Ausgabe der zweidimensionalen Lagekoordinaten der eintreffenden Signale.

Bevorzugt wird die Zusatzinformation von einem separaten Zusatzinformation-Sender übertragen, der beispielsweise an dem Objekt angebracht ist. Hierzu kann eine Steuerschaltung am Objekt vorgesehen werden, welche das Senden der einzelnen Signalgeber steuert. Das hierzu verwendete Steuersignal wird dann ebenfalls über den Zusatzinformation-Sender an eine entsprechende mit der

Auswerteschaltung gekoppelte Zusatzinformation-Empfangseinheit übertragen, insbesondere drahtlos, beispielsweise per Funk, Ultraschall oder optisch.

5 Bevorzugt wird die Position des sich bewegenden Objektes in Form der drei orthogonalen Koordinaten im Raum und die Orientierung in Form der drei orthogonalen Drehwinkel im Raum bestimmt, wobei hierzu wenigstens sieben Signalgeber verwendet werden. So ist es bereits mit einem Lagedetektor und sieben Si-
10 gnalgebern möglich, die derart starr an einem steifen Objekt angeordnet sind, daß der Lagedetektor ihre Signale in jeder Position und Orientierung des Objektes empfangen kann, die Position und Orientierung in allen drei Translations- und drei Rotationsfreiheitsgraden zu bestimmen. Ist das Objekt in sich
15 nicht steif, sondern beispielsweise über Gelenke verformbar, so kann über entsprechend angeordnete Signalgeber auch die Verformung des Objektes bestimmt werden.

Bevorzugt werden jedoch objektabhängig (d.h. beispielsweise
20 auch bei größeren steifen Objekten) mehr als sieben Signalgeber verwendet, welche so an dem Objekt angeordnet sind, daß in jeder möglichen Position und Orientierung des Objektes immer sieben Signale von sieben verschiedenen Signalgebern auf dem zweidimensionalen Lagedetektor abgebildet werden.

25 Bevorzugt sind die elektromagnetischen Signale Infrarot-Lichtsignale, welche vorteilhaft erstens eine gute Richtwirkung zeigen und zweitens nicht so stark vom Umgebungslicht gestört werden.

30 Die Erfindung sowie weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung werden nunmehr anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele mit Bezug auf die beigefügte Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigen:

35 Fig. 1 in schematischer Ansicht die Anordnung von vier an einem Objekt angebrachten Signalgebern und eines Lagedetektors mit Optik,

Fig. 2 in schematischer Ansicht ein erstes Beispiel, bei dem zwei Lagedetektoren PSD1 und PSD2 und ein einzelner an dem Objekt angebrachter Signalgeber L verwendet werden,

5 Figur 3 in schematischer Ansicht ein zweites Beispiel, bei dem ein Lagedetektor PSD und zwei an dem Objekt angebrachte Signalgeber L1 und L2 verwendet werden,

10 Figur 4 in schematischer Ansicht das zweite Beispiel, bei dem ein Lagedetektor PSD und zwei an dem Objekt angebrachte Signalgeber L1 und L2 verwendet werden, jedoch das Objekt im Vergleich zu Figur 3 andere Bewegungsfreiheitsgrade hat,

15 Figuren 6a,b,c schematisch in drei Ansichten in der xyz-, der xz- und der yz-Ebene die Position und Orientierung eines Objektes, dessen Position mit einem Lagedetektor und sieben an dem Objekt angebrachten Signalgebern bestimmt wird.

20

Fig. 1 zeigt in schematischer Ansicht eine Anordnung von vier an einem (nicht dargestellten) Objekt, beispielsweise einem Golfschlägerkopf, angebrachten Signalgebern A bis C und M, die in einer festen Lage zueinander stehen. Sollten die Signalgeber
25 beweglich zueinander sein, so sollte für die anschließende Auswertung zu jedem Auswertezeitpunkt immer die genaue Lage der Signalgeber zueinander bekannt sein. In der Figur 1 sind die Signalgeber A bis C und M an einem eine Signalgebereinheit bildenden Dreibein angebracht, mit den drei Signalgebern A bis C
30 an den Beinenden und dem Signalgeber M im Zentrum. Diese Signalgeber A bis C und M können auch an beliebigen Positionen eines starren Objektes, d.h. ohne das Dreibein, oder über ein beliebig geformtes Gestell, d.h. anders als das Dreibein, an dem Objekt angebracht sein. Ferner können mehrere solcher Dreibeine mit jeweils vier Signalgebern A bis C und M an verschie-
35 denen Positionen eines Objektes befestigt sein, so daß entweder verschiedene Bewegungen eines Objektes, z.B. die Kopf-, Schulter-, Hüft, Arm-, Hand-, Golfschläger- und/oder Beinbewegung eines Golfspielers, oder aber die Bewegung eines Teils eines

größeren Objektes von mehreren Seiten verfolgt werden können. Im letzteren Fall kann beispielsweise bei einem Objekt, an dessen Vorderseite und Rückseite je ein solches Dreibein angebracht ist, auch bei einer Objektdrehung um 180° , d.h. bei der Vorder- und Rückseite mit Bezug auf einen Beobachtungsstandpunkt vertauscht sind, die Objektbewegung weiter verfolgt werden. Umgekehrt kann natürlich bei nur einem Dreibein an der Vorder- oder Rückseite des Objektes die Objektbewegung selbstverständlich auch von zwei gegenüberliegenden Lagedetektoren (hinten und vor dem Objekt) unabhängig von der Position und Orientierung des Objektes verfolgt werden. Somit hängt es ganz von Ausgestaltung des Objektes an, wo die einzelnen Dreibeine oder Signalgeber bzw. die einzelnen Lagedetektoren angeordnet sein müssen, um alle Objektbewegungen sicher bestimmen zu können.

Die Signalgeber A bis C und M können beispielsweise einfache in einen Halbraum isotrop ausstrahlende Leuchtdioden sein, insbesondere Infrarot-Leuchtdioden. Im übrigen eignen sich aber alle Arten von Signalgebern, welche ein elektromagnetisches, akustisches oder optisches Signal aussenden können, sofern ein entsprechender Lagedetektor anhand des eintreffenden Signals die Richtung angeben kann, aus welcher das Signals ausgesendet wurde.

In der Figur 1 ist die sensitive Aufnahmefläche eines solchen zweidimensional auflösenden Lagedetektors 1 gezeigt. Auf diese Aufnahmefläche wird der von den einzelnen Infrarot-Leuchtdioden als Signalgeber A bis C und M ausgesandte Infrarot-Lichtstrahl über eine Projektionslinse 2 projiziert. Der Lagedetektor PSD ist bevorzugt ein PSD-Detektor (position sensitive detector), der unmittelbar die x- und y-Koordinate der Bildpunkte B_A bis B_C und B_M der jeweiligen Signale der Signalgeber A bis C und M als Lagekoordinaten ausgibt. Der Vorteil dieses Lagedetektors liegt darin, daß bereits detektorintern der Schwerpunkt eines auffallenden Lichtfleckes bestimmt wird und lediglich die x- und y-Koordinaten des Schwerpunkts ausgegeben werden. Ein solcher kostengünstiger und in der Auflösung hochgenauer Lagedetektor kann aber lediglich die Schwerpunktkoordinaten eines

einzigem Lichtfleckes bzw. eines komplizierteren Lichtmusters ausgeben, was jedoch in diesem Fall aus den nachfolgend behandelten Gründen völlig ausreichend ist.

5 So werden die optischen Signale der einzelnen Signalgeber A bis C und M nämlich zeitlich nacheinander ausgesendet. Das Aussenden kann dabei in einer sich periodisch wiederholenden Abfolge fest vorgegebener Zeitfenster erfolgen. Nach einer Periode, bei der alle Signalgeber nacheinander ihr Signal ausgesendet haben,
10 kann eine kurze Pause erfolgen, um den Beginn einer neuen Periode zu kennzeichnen. Hierzu kann bei den Signalgebern A bis C und M eine entsprechende Steuerschaltung vorgesehen sein, die mit einer entsprechenden dem Lagedetektor nachgeschalteten Auswerteschaltung von Zeit zu Zeit (beispielsweise lediglich zu
15 Beginn der Positionsbestimmung) synchronisiert wird.

Für die Kommunikation mit den einzelnen Signalgebern A bis C und M (beispielsweise für deren Steuerung) bzw. für die Synchronisation der einzelnen Signalgeber A bis C und M kann ferner
20 eine optische Sendeeinheit an dem Lagedetektor verwendet werden, die die einzelnen Signalgeber A bis C und M und/oder Signalgebereinheiten ansteuert und bestimmt, welche Signalgeber A bis C und M und /oder Signalgebereinheiten zu welchem Zeitpunkt senden dürfen. Dazu werden an jedem Signalgeber A bis C
25 und M oder an jeder Signalgebereinheit eine oder mehrere optische Empfangseinheiten und eine Logikschaltung vorgesehen, die entscheidet, ob, wie und wann gesendet werden darf. Die Kommunikation bzw. Synchronisation der Signalgeber A bis C und M kann dabei auch über Funk, Ultraschall, etc. erfolgen. Wird
30 beispielsweise eine Signalgebereinheit mit mehreren Signalgebern A bis C und M zum Aussenden ihrer Signale aktiviert, so kann die Logikschaltung der zugehörigen Signalgebereinheit die einzelnen Sendefenster für ihre jeweiligen Signalgeber A bis C und M generieren. Die Information über die Abfolge der Sendefenster ist dabei entweder bei der dem Lagedetektor nachgeschalteten Auswerteschaltung bekannt oder aber sie wird von der Logikschaltung nochmals zurück an eine entsprechende Empfangseinheit bei dem Lagedetektor gesendet und dann der Auswerteschaltung bereitgestellt.

Falls es erforderlich wird, die einzelnen optischen Signale zusätzlich oder alternativ zu der Aussendung in fest vorgegebenen Zeitfenstern voneinander unterscheiden zu müssen, können die Signale entsprechend gekennzeichnet werden. Dazu werden die optischen Signale beispielsweise verschieden moduliert oder codiert. Falls die Modulationsart bzw. die Codierung genügend langsam ist, könnte der Lagedetektor selbst die optischen Signale demodulieren bzw. decodieren, um sie zu identifizieren. Wenn jedoch schnellere Modulationsarten bzw. Codierungen eingesetzt werden, kann zusätzlich zu dem Lagedetektor, insbesondere in dessen unmittelbarer Nähe, eine optische Empfangseinheit (z.B. ein Infrarot-Empfänger) verwendet werden, welche ausschließlich das eintreffende Signal demoduliert bzw. decodiert, jedoch keine Lagebestimmung vornimmt. Das demodulierte bzw. decodierte Signal der optischen Empfangseinheit stellt zusammen mit dem im wesentlich gleichzeitig ausgegebenen Positionssignal (x- und y-Koordinaten) die Information dar, welcher Signalgeber A bis C oder M gerade gesendet hat.

Prinzipiell können zur Auswertung der von den Signalgebern A bis C und M gesendeten optischen Signale ein oder mehrere Lagedetektoren verwendet werden. Bei zwei Lagedetektoren im bekannten Abstand zueinander kann eine dreidimensionale Bestimmung der Objekt-Koordinaten ermöglicht werden. Durch verschiedene Einschränkungen der Bewegungsfreiheit des Objektes ergeben sich Sonderfälle, welche die anschließende Positionsberechnungen vereinfachen. Diese Sonderfälle werden nachfolgend anhand jeweils eines speziellen Beispiels beschrieben. Abschließend wird ein Beispiel für den allgemeinen Fall aufgeführt, bei dem sowohl die Position (Raumkoordinaten) als auch die Verdrehungen der Achsen eines ansonsten steifen Objektes berechnet werden können. Für ein verformbares Objekt können zusätzlich an verschiedenen Stellen des Objektes, welche sich zueinander bewegen können, gerade so viele Signalgeber A bis C und M angebracht werden, daß die Bewegung dieser Stellen aus den Signalen der dieser Stelle zugeordneten Signalgeber sowie der bereits bestimmten Position und Orientierung des gesamten Objektes und

der übrigen beweglichen Stellen des Objektes abgeleitet werden kann.

Die Figur 2 zeigt ein erstes spezielles Beispiel, bei dem zwei
5 Lagedetektoren PSD1 und PSD2 und ein einzelner an dem Objekt angebrachter Signalgeber L verwendet werden. Mit dieser Konstellation können zwar die Raumkoordinaten des Objektes, jedoch keinerlei Verdrehungen des Objektes berechnet werden. Es wird angenommen, daß der Abstand der Lagedetektoren PSD1 und PSD2
10 bekannt ist. Für die Positionsbestimmung des Objektes werden die beiden x- und y-Koordinaten der auf die beiden Lagedetektoren PSD1 und PSD2 abgebildeten Bildpunkte des Signalgebers L ausgelesen und einer Auswerteschaltung zugeführt. Aus diesen Koordinaten läßt sich bei Kenntnis der Ausrichtung und Position
15 der beiden Lagedetektoren PSD 1 und PSD2 sowie der Brennweite der beiden (nicht dargestellten) Projektionslinsen vor den Lagedetektoren PSD1 und PSD2 die Richtungen der eintreffenden Lichtstrahlen ableiten. Der Schnittpunkt der beiden Richtungen ergibt die 3D-Koordinaten des Objektes.

20 Bei dieser Variante kann das zeitlich aufeinanderfolgende Ausenden von Lichtsignalen von dem Signalgeber L beispielsweise den Auswertetakt der Auswerteschaltung triggern. Durch Erhöhen der Sendefrequenz wird somit die Auflösung der Positionsbestimmung
25 genauer. Umfaßt das Objekt beispielsweise einen integrierten Geschwindigkeits- oder Beschleunigungsmesser, so kann die Sendefrequenz abhängig von der gemessenen Geschwindigkeit bzw. Beschleunigung eingestellt werden. Auch hier findet somit erfindungsgemäß eine Unterscheidung der einzelnen von dem einen
30 Signalgeber L ausgesendeten Lichtsignale statt.

Ein Anwendungsbeispiel für diesen einfachen Aufbau wäre die Messung der Kopfbewegung eines Golfspielers, wenn Kopfdrehungen nicht weiter bestimmt werden sollen.

35 Die Figur 3 zeigt ein zweites spezielles Beispiel, bei dem ein Lagedetektor PSD und zwei an dem Objekt angebrachte Signalgeber L1 und L2 verwendet werden. Ferner wird angenommen, daß das Objekt sich lediglich in einer Ebene parallel zu dem Lagedetektor

PSD bewegen kann und der Abstand dieser Ebene zum Lagedetektor PSD bekannt ist. Außerdem soll lediglich eine Drehung des Objektes in dieser Ebene erlaubt sein, d.h. daß die zwei Signalgeber L1 und L2 ebenfalls immer in der Ebene bleiben. Bei dieser Konstellation können die Koordinaten des Objektes in der Parallelebene und der eine Drehwinkel berechnet werden. Aus den zeitlich nacheinander aufgezeichneten x- und y-Koordinaten der beiden auf den Lagedetektor PSD abgebildeten Bildpunkte lassen sich die beiden Richtungen der eintreffenden Lichtstrahlen, jeweils von dem Signalgeber L1 und dem Signalgeber L2, ableiten. Aus den beiden Richtungen und dem Abstand der Parallelebene zum Lagedetektor PSD können dann in einem ersten Schritt die Koordinaten der Signalgeber L1 und L2, und damit die Koordinaten des zugehörigen Objektes (bei bekannter fester Anordnung der Signalgeber L1 und L2 am Objekt), und in einem zweiten Schritt der eine Drehwinkel des Objektes in dieser Ebene bestimmt werden.

Ein Anwendungsbeispiel für diese Konstellation ist die Beinbewegung eines Golfspielers entlang einer Parallelebene.

Bei der Konstellation der Figur 4 ist noch ein weiterer Bewegungsfreiheitsgrad unter folgender Annahme bestimmbar: das Objekt soll sich einerseits in einer Parallelebene drehen und bewegen können und andererseits soll sich die Parallelebene in die Tiefe bewegen können. Der Abstand der beiden Signalgeber L1 und L2 ist wiederum bekannt. Bei dieser Konstellation werden also der Abstand der Parallelebene zum Lagedetektor PSD und der Drehwinkel und die Position des Objektes innerhalb der Parallelebene berechnet. Aus der Kenntnis, daß sich die Signalgeber L1 und L2 in einer Parallelebene zum Lagedetektor PSD befinden, und aus einer Bestimmung des Abstandes der Bildpunkte der beiden Signalgeber L1 und L2 zueinander kann der Abstand g der Parallelebene zum Lagedetektor PSD wie folgt bestimmt werden:

$$g = e \cdot \frac{L_2 - L_1}{B_2 - B_1} \quad (1)$$

wobei L_2-L_1 der bekannte Abstand der beiden Signalgeber L_1 und L_2 voneinander ist, B_2-B_1 der berechenbare Abstand der beiden Bildpunkte der beiden Signalgebern L_1 und L_2 und e die Brennweite der Projektionslinse ist. Die Figur 4 verdeutlicht den obigen Sachverhalt.

Dann können - wie oben erläutert - aus den x- und y-Koordinaten der beiden auf den Lagedetektor PSD abgebildeten Bildpunkte die beiden Richtungen der eintreffenden Lichtstrahlen von den Signalgebern L_1 und L_2 bestimmt werden und schließlich aus den bestimmten Richtungen und dem Abstand die Position des Objektes in der Parallelebene und der Drehwinkel berechnet werden.

Ein Anwendungsbeispiel für diese Konstellation ist die Bestimmung der Vor- und Rückwärtsbewegung des Kopfes eines Golfspielers entlang einer Linie senkrecht zum Lagedetektor und eine seitliche Bewegung und Verdrehung des Kopfes in der Parallelebene.

Die Figuren 5a und 5b zeigen in zwei Ansichten in der yz- und der xz-Ebene die Position und Orientierung eines Objektes, dessen Position mit einem Lagedetektor PSD und drei an dem Objekt angebrachten Signalgebern A, B und C bestimmt werden soll, sowie die entsprechenden drei Bildpunkte auf dem Lagedetektor. Bei diesem Beispiel soll die Position des Objektes im Raum bestimmt werden, während die Drehungen des Objektes lediglich auf eine Drehung in der yz-Ebene beschränkt ist. Die drei Signalgeber A bis C sind hierbei rechtwinkelig zueinander angeordnet, d.h. sie liegen an den Ecken eines rechtwinkligen Dreiecks mit dem Signalgeber B an der Ecke mit dem rechten Winkel. Die Abstände AB und CB der Signalgeber A bis C haben die Länge $a/2$ und stehen - wie gesagt - orthogonal zueinander. Aus dieser Kenntnis können die Abstände g_A , g_B und g_C der Signalgeber von der Projektionslinse und der Drehwinkel ϕ in der yz-Ebene wie folgt bestimmt werden:

$$g_A = \frac{G_{Ax}}{B_{Ax}} e \quad \text{bzw.} \quad g_A = \frac{G_{Ay}}{B_{Ay}} e \quad (2)$$

wobei G_{Ax} und G_{Ay} die x- und y-Koordinaten des Signalgebers A, B_{Ax} und B_{Ay} die x- und y-Koordinaten der Bildpunkte des Signalgebers A bei dem Lagedetektor PSD, g_A der Abstand des Signalgebers A von der Projektionslinse und e die Brennweite der Projektionslinse (bzw. der Abstand Projektionslinse zur Aufnahme-
 5 fläche des Lagedetektors PSD) ist. In den Figuren 5a und 5b sind noch die y-Koordinaten G_{By} und G_{Cy} der Signalgeber B und C sowie die x- und y-Koordinaten B_{Bx} , B_{Cx} und B_{By} , B_{Cy} der Bildpunkte der Signalgeber B und C eingezeichnet.
 10

Für die Signalgeber B und C ergeben sich aus den Abbildungsgesetzen analoge Gleichungen. Da die drei Signalgeber A bis C für alle Werte des Drehwinkel immer in der yz-Ebene liegen, gilt
 15 (wie auch aus Figur 5b leicht ersichtlich wird):

$$G_{Ax} = G_{Bx} = G_{Cx} \quad (3)$$

Der Drehwinkel ϕ läßt sich - wie aus der Figur 5a leicht ersichtlich wird - aus den Differenzabständen $g_A - g_B$ bzw. $g_B - g_C$ ableiten:
 20

$$g_A - g_B = \frac{a}{2} \sin(\phi) \quad \text{bzw.} \quad g_B - g_C = \frac{a}{2} \cos(\phi) \quad (4)$$

25 Aus dem Verhältnis der Differenzabstände und den Abbildungsgleichungen erhält man den Drehwinkel ϕ auch folgendermaßen:

$$\tan(\phi) = \frac{\frac{1}{B_{Ax}} - \frac{1}{B_{Bx}}}{\frac{1}{B_{Bx}} - \frac{1}{B_{Cx}}} \quad (5)$$

30 Damit läßt sich der Abstand des Signalgebers B von der Projektionslinse (und damit die Objektposition) auch wie folgt schreiben:

$$g_B = \frac{\frac{a}{2} \cdot \sin(\phi)}{B_{Bx} \left(\frac{1}{B_{Ax}} - \frac{1}{B_{Bx}} \right)} \quad (6)$$

Ein Anwendungsbeispiel wäre die Bestimmung der Vor- und Rückwärtsbewegung des Rückens eines Golfspielers entlang einer Linie mit einer zusätzlichen Verdrehung in dieser Richtung.

Die Figuren 6a, b und c zeigen in drei Ansichten in der xyz-, der xz- und der yz-Ebene die Position und Orientierung eines Objektes, dessen Position mit einem Lagedetektor PSD und sieben an dem Objekt angebrachten Signalgebern A bis G bestimmt werden soll. Bei diesem allgemeinen Beispiel soll die Position des Objektes im Raum sowie alle drei Drehwinkel im Raum bestimmt werden. In der Figur 6a ist die geometrische Anordnung der 7 Signalgeber A bis G gezeigt. Die Signalgeber A bis G seien so angeordnet, daß die Strecken BA, BC, BE und BG die Länge $a/2$ und die Strecken BD und BF die Länge $a\sqrt{3}/4$ haben. Das Koordinatensystem ist ferner so gewählt, daß die Orte aller Signalgeber anfangs direkt auf den Koordinatenachsen x, y und z liegen. So liegen die Signalgeber A und C also auf der x-Achse, die Signalgeber D und F auf der y-Achse und die Signalgeber E und G auf der z-Achse und der Signalgeber B im Mittelpunkt der Koordinatenachsen. Diese geometrische Anordnung der sieben Signalgeber A bis G kann im kartesischen Koordinatensystem verschoben und verdreht werden. Dabei wird der Signalgeber B im Mittelpunkt der Anordnung um die Koordinaten G_{Bx} , G_{By} und G_{Bz} gegenüber dem anfänglichen Koordinatensystem verschoben. Der Winkel ϕ_1 beschreibe eine Drehung um die y-Achse, der Winkel ϕ_2 eine Drehung um die x-Achse und der Winkel ϕ_3 eine Drehung um die z-Achse.

Die sieben Signalgeber A bis G haben die folgenden Koordinaten im Raum:

$$\begin{aligned}
 A &:= \begin{pmatrix} G_{Ax} \\ G_{Ay} \\ G_{Az} \end{pmatrix} & B &:= \begin{pmatrix} G_{Bx} \\ G_{By} \\ G_{Bz} \end{pmatrix} & C &:= \begin{pmatrix} G_{Cx} \\ G_{Cy} \\ G_{Cz} \end{pmatrix} & D &:= \begin{pmatrix} G_{Dx} \\ G_{Dy} \\ G_{Dz} \end{pmatrix} & E &:= \begin{pmatrix} G_{Ex} \\ G_{Ey} \\ G_{Ez} \end{pmatrix} \\
 F &:= \begin{pmatrix} G_{Fx} \\ G_{Fy} \\ G_{Fz} \end{pmatrix} & G &:= \begin{pmatrix} G_{Gx} \\ G_{Gy} \\ G_{Gz} \end{pmatrix}
 \end{aligned} \tag{7}$$

- 5 Die Bildpunkte A bis G als Abbildungen der sieben Signalgeber A bis G auf dem Lagedetektor PSD haben folgende Koordinaten:

$$\begin{aligned}
 A &:= \begin{pmatrix} B_{Ax} \\ B_{Ay} \end{pmatrix} & B &:= \begin{pmatrix} B_{Bx} \\ B_{By} \end{pmatrix} & C &:= \begin{pmatrix} B_{Cx} \\ B_{Cy} \end{pmatrix} & D &:= \begin{pmatrix} B_{Dx} \\ B_{Dy} \end{pmatrix} & E &:= \begin{pmatrix} B_{Ex} \\ B_{Ey} \end{pmatrix} \\
 10 \quad F &:= \begin{pmatrix} B_{Fx} \\ B_{Fy} \end{pmatrix} & G &:= \begin{pmatrix} B_{Gx} \\ B_{Gy} \end{pmatrix}
 \end{aligned} \tag{8}$$

Die Koordinaten der Signalgeber A und C bis G im Raum können abhängig von den Koordinaten des Signalgebers B und der drei Drehwinkel ϕ_1 , ϕ_2 und ϕ_3 folgendermaßen dargestellt werden:

15

$$\begin{aligned}
 G_{Ax} &= G_{Bx} - \frac{a}{2} \sin(\phi_2) \cdot \sin(\phi_3) \cdot \sin(\phi_1) + \frac{a}{2} \cos(\phi_3) \cdot \cos(\phi_1) \\
 G_{Ay} &= G_{By} + \frac{a}{2} \cos(\phi_2) \cdot \sin(\phi_3) \\
 G_{Az} &= G_{Bz} - \frac{a}{2} \sin(\phi_2) \cdot \sin(\phi_3) \cdot \cos(\phi_1) - \frac{a}{2} \cos(\phi_3) \cdot \sin(\phi_1)
 \end{aligned} \tag{9}$$

$$\begin{aligned}
 G_{Cx} &= G_{Bx} + \frac{a}{2} \sin(\phi_2) \cdot \sin(\phi_3) \cdot \sin(\phi_1) - \frac{a}{2} \cos(\phi_3) \cdot \cos(\phi_1) \\
 G_{Cy} &= G_{By} - \frac{a}{2} \cos(\phi_2) \cdot \sin(\phi_3) \\
 G_{Cz} &= G_{Bz} + \frac{a}{2} \sin(\phi_2) \cdot \sin(\phi_3) \cdot \cos(\phi_1) + \frac{a}{2} \cos(\phi_3) \cdot \sin(\phi_1)
 \end{aligned} \tag{10}$$

20

$$\begin{aligned}
G_{Dx} &= G_{Bx} - a\sqrt{\frac{3}{4}} \sin(\phi_2) \cdot \cos(\phi_3) \cdot \sin(\phi_1) - a\sqrt{\frac{3}{4}} \sin(\phi_3) \cdot \cos(\phi_1) \\
G_{Dy} &= G_{By} + a\sqrt{\frac{3}{4}} \cos(\phi_2) \cdot \cos(\phi_3) \\
G_{Dz} &= G_{Bz} - a\sqrt{\frac{3}{4}} \sin(\phi_2) \cdot \cos(\phi_3) \cdot \cos(\phi_1) + a\sqrt{\frac{3}{4}} \sin(\phi_3) \cdot \sin(\phi_1)
\end{aligned} \tag{11}$$

$$\begin{aligned}
G_{Ex} &= G_{Bx} - \frac{a}{2} \cos(\phi_2) \cdot \sin(\phi_1) \\
G_{Ey} &= G_{By} - \frac{a}{2} \sin(\phi_2) \\
G_{Ex} &= G_{Bz} - \frac{a}{2} \cos(\phi_2) \cdot \cos(\phi_1)
\end{aligned} \tag{12}$$

$$\begin{aligned}
G_{Fx} &= G_{Bx} + a\sqrt{\frac{3}{4}} \sin(\phi_2) \cdot \cos(\phi_3) \cdot \sin(\phi_1) + a\sqrt{\frac{3}{4}} \sin(\phi_3) \cdot \cos(\phi_1) \\
G_{Fy} &= G_{By} - a\sqrt{\frac{3}{4}} \cos(\phi_2) \cdot \cos(\phi_3) \\
G_{Fz} &= G_{Bz} + a\sqrt{\frac{3}{4}} \sin(\phi_2) \cdot \cos(\phi_3) \cdot \cos(\phi_1) - a\sqrt{\frac{3}{4}} \sin(\phi_3) \cdot \sin(\phi_1)
\end{aligned} \tag{13}$$

$$\begin{aligned}
G_{Gx} &= G_{Bx} + \frac{a}{2} \cos(\phi_2) \cdot \sin(\phi_1) \\
G_{Gy} &= G_{By} + \frac{a}{2} \sin(\phi_2) \\
G_{Gz} &= G_{Bz} + \frac{a}{2} \cos(\phi_2) \cdot \cos(\phi_1)
\end{aligned} \tag{14}$$

10 Ferner ergeben sich - wie aus den Figuren 6b und 6c leicht ersichtlich wird - die folgenden Gleichungen über das Abbildungsgesetz:

$$\frac{B_{Ax}}{e} = \frac{G_{Ax}}{G_{Az}} \quad \text{und} \quad \frac{B_{Ay}}{e} = \frac{G_{Ay}}{G_{Az}} \tag{15}$$

15 Für die Signalgeber B, C, D, E, F und G ergeben sich analoge Gleichungen.

Aus diesen über das Abbildungsgesetz erhaltenen Gleichungen (15) und den oben aufgestellten Gleichungen (9) bis (14) können die Drehwinkel ϕ_1 , ϕ_2 und ϕ_3 und der Abstand G_{Bz} in Abhängigkeit der Koordinaten der Bildpunkte und der jeweils bereits berechneten Drehwinkel beschrieben werden.

Drehwinkel ϕ_3 :

$$\tan(\phi_3) = \frac{\left(\frac{2}{B_{By}} - \frac{1}{B_{Ay}} - \frac{1}{B_{Cy}}\right) \cdot \sqrt{3} \cdot \left(\frac{1}{B_{Dy}} - \frac{1}{B_{Fy}}\right)}{\left(\frac{1}{B_{Ay}} - \frac{1}{B_{Cy}}\right) \cdot \left(\frac{2}{B_{By}} - \frac{1}{B_{Dy}} - \frac{1}{B_{Fy}}\right)} \quad (16)$$

Drehwinkel ϕ_2 :

$$\tan(\phi_2) = \frac{\left(\frac{2}{B_{By}} - \frac{1}{B_{Ey}} - \frac{1}{B_{Gy}}\right) \cdot \cos(\phi_3) \cdot \sqrt{3} \cdot \left(\frac{1}{B_{Dy}} - \frac{1}{B_{Fy}}\right)}{\left(\frac{-1}{B_{Ey}} + \frac{1}{B_{Gy}}\right) \cdot \left(\frac{2}{B_{By}} - \frac{1}{B_{Dy}} - \frac{1}{B_{Fy}}\right)} \quad (17)$$

oder

$$\tan(\phi_2) = \frac{\left(\frac{2}{B_{By}} - \frac{1}{B_{Ey}} - \frac{1}{B_{Gy}}\right) \cdot \sin(\phi_3) \cdot \sqrt{3} \cdot \left(\frac{1}{B_{Ay}} - \frac{1}{B_{Cy}}\right)}{\left(\frac{-1}{B_{Ey}} + \frac{1}{B_{Gy}}\right) \cdot \left(\frac{2}{B_{By}} - \frac{1}{B_{Ay}} - \frac{1}{B_{Cy}}\right)} \quad (18)$$

Drehwinkel ϕ_1 :

$$\tan(\phi_1) = \frac{\frac{B_{Bx}}{B_{By}} - \frac{B_{Ex}}{B_{Ey}} + \frac{B_{Gx}}{B_{Gy}} \cdot \frac{\left(\frac{2}{B_{By}} - \frac{1}{B_{Ey}} - \frac{1}{B_{Gy}}\right)}{\left(\frac{-1}{B_{Ey}} + \frac{1}{B_{Gy}}\right)}}{\frac{e}{B_{By}} - \frac{e}{B_{Ey}} + \frac{e}{B_{Gy}} \cdot \frac{\left(\frac{2}{B_{By}} - \frac{1}{B_{Ey}} - \frac{1}{B_{Gy}}\right)}{\left(\frac{-1}{B_{Ey}} + \frac{1}{B_{Gy}}\right)}} \quad (19)$$

Abstand g_B :

$$g_B = \frac{\frac{a}{2} \cdot \sin(\phi_2) \cdot \left(\frac{-1}{B_{By}} + \frac{1}{B_{Cy}} \right)}{\frac{B_{By}}{2} \cdot \left(\frac{2}{B_{By}} - \frac{1}{B_{By}} - \frac{1}{B_{Cy}} \right)} \quad (20)$$

oder

$$g_B = \frac{\frac{a}{2} \cdot \cos(\phi_2) \cdot \sin(\phi_3) \cdot \left(\frac{1}{B_{Ay}} - \frac{1}{B_{Cy}} \right)}{\frac{B_{By}}{2} \cdot \left(\frac{2}{B_{By}} - \frac{1}{B_{Ay}} - \frac{1}{B_{Cy}} \right)} \quad (21)$$

5 oder

$$g_B = \frac{\frac{a}{2} \cdot \cos(\phi_2) \cdot \cos(\phi_3) \cdot \sqrt{3} \cdot \left(\frac{1}{B_{Dy}} - \frac{1}{B_{Fy}} \right)}{\frac{B_{By}}{2} \cdot \left(\frac{2}{B_{By}} - \frac{1}{B_{Dy}} - \frac{1}{B_{Fy}} \right)} \quad (22)$$

10 Aus den berechneten Drehwinkeln ϕ_1 , ϕ_2 und ϕ_3 sowie dem Abstand g_B können über die Gleichungen (9) bis (14) die Koordinaten der Punkte A, B, C, D, E, F und G im Raum berechnet werden. Es kann hierfür ein Referenzpunkt festgelegt werden, welcher folgende Koordinaten hat.

$$R := \begin{pmatrix} G_{Rx} \\ G_{Ry} \\ G_{Rz} \end{pmatrix}$$

15

Die Koordinaten des Punktes A bezogen auf den Referenzpunkt R ergeben sich folgendermaßen.

$$A_{ref} := \begin{pmatrix} G_{Ax} - G_{Rx} \\ G_{Ay} - G_{Ry} \\ G_{Az} - G_{Rz} \end{pmatrix}$$

20

Die Koordinaten der Punkte B, C, D, E, F und G werden analog berechnet.

Aus den bestimmten Positionen beispielsweise eines geschwungenen Golfschlägers und der bekannten Position eines zu treffenden Golfballes lassen sich dann beispielsweise erst die
5 Schwungbahn des Golfschlägers, dann der genaue Treffpunkt des Golfballes (hook, slice, draw, etc.) und die Treffgeschwindigkeit und schließlich die Flugbahn des Golfballes errechnen. Diese kann beispielsweise großformatig auf einem Bildschirm vor dem Golfspieler zusammen mit dem Golfterrain angezeigt werden,
10 so daß insgesamt eine vollständige, absolut realistische Golf-simulation möglich wird.

Die Anmelderin behält sich vor, den Gegenstand des oben aufgeführten speziellen Auswerteverfahrens für die Positions- und
15 Orientierungsbestimmung getrennt von der Unterscheidung der einzelnen Signale von den Signalgebern weiterzuverfolgen. Dieser Gegenstand betrifft ein Verfahren eine Vorrichtung zum Bestimmen der Position, Orientierung und/oder Verformung eines Objektes, bei welchem von einem oder mehreren mit dem Objekt
20 gekoppelten Signalgebern elektromagnetische Signale ausgesendet werden, diese Signale auf einen oder mehrere zweidimensional auflösende Lagedetektoren projiziert und dort in zweidimensionale Lagekoordinaten umgewandelt werden, und über einfach Abbildungsgesetze aus den Lagekoordinaten die Position, Orientie-
25 rung und/oder Verformung des sich bewegenden Objektes bestimmt wird.

Ansprüche:

1. Verfahren zum Bestimmen der Position, Orientierung
5 und/oder Verformung eines Objektes, bei welchem
 - a) von einem oder mehreren an dem Objekt angeordneten
Signalgebern (A-G, M) elektromagnetische Signale aus-
gesendet werden, wobei die Signalgeber (A-G, M) der-
art gesteuert werden, daß die einzelnen Signale von-
10 einander unterscheidbar sind;
 - b) diese Signale auf wenigstens einen zweidimensional
auflösenden Lagedetektor (PSD) projiziert und dort in
zweidimensionale Lagekoordinaten umgewandelt werden;
und
 - 15 c) aus den Lagekoordinaten die Position, Orientierung
und/oder Verformung des Objektes bestimmt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei welchem das Aussenden der
Signale von den Signalgebern (A-G, M) derart gesteuert
20 wird, daß die Signale beim Lagedetektor (PSD) zeitlich
nacheinander in entsprechenden Zeitfenstern eintreffen.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei welchem zusammen mit
jedem Signal eine Zusatzinformation zum Identifizieren des
25 ausgesendeten Signals übertragen wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, bei welchem die Zusatzinforma-
tion als Codierung in jedem Signal enthalten ist.
- 30 5. Verfahren nach Anspruch 4, bei welchem die Zusatzinforma-
tion dem jeweiligen Signal aufmoduliert wird.
6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, bei welchem die codierte
bzw. modulierte Zusatzinformation von dem Lagedetektor
35 (PSD) direkt decodiert bzw. demoduliert wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, bei welcher
die Zusatzinformation von einer separaten Empfangseinheit
empfangen wird.

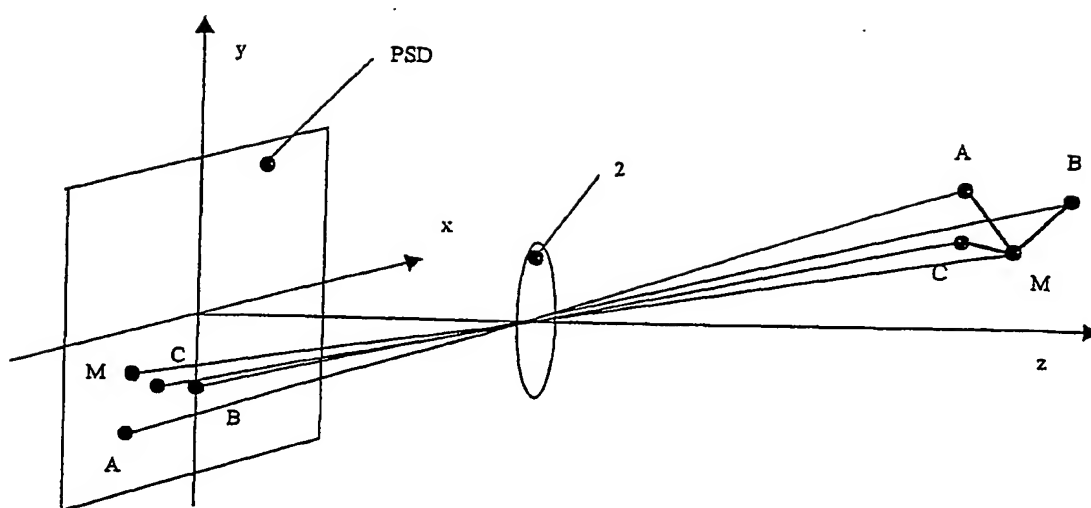
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem die Zusatzinformation von einem separaten Zusatzinformation-Sender übertragen wird.
- 5
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 8, bei welchem das Steuersignal für die Sendesteuerung der Signalgeber (A-G, M) drahtlos an die Signalgeber (A-G, M) übertragen wird.
- 10
- 10 Verfahren nach Anspruch 9, bei welchem das Steuersignal optisch, per Funk oder per Ultraschall übertragen wird.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem die Position des sich bewegenden Objektes in Form der drei orthogonalen Koordinaten im Raum und die Orientierung in Form der drei orthogonalen Drehwinkel im Raum bestimmt wird, wobei wenigstens sechs Signalgeber (A-G) verwendet werden.
- 15
- 20
12. Verfahren nach Anspruch 11, bei welchem objektabhängig mehr als sechs Signalgeber (A-G, M) verwendet werden, welche so an dem Objekt angeordnet sind, daß in jeder möglichen Position, Orientierung oder Verformung des Objektes immer sechs Signale von sechs verschiedenen Signalgebern (A-G, M) auf dem zweidimensionalen Lagedetektor (PSD) abgebildet werden.
- 25
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem die elektromagnetischen Signale Infrarot-Lichtsignale sind.
- 30
14. Vorrichtung zum Bestimmen der Position, Orientierung und/oder Verformung eines Objektes, mit:
- 35
- a) einem oder mehreren an dem Objekt angeordneten Signalgebern (A-G, M) zum Aussenden elektromagnetischer Signale, wobei die Signalgeber (A-G, M) derart gesteuert werden, daß die Signale voneinander unterscheidbar sind;

- !
- b) wenigstens einem zweidimensional auflösenden Lagedetektor (PSD), der derart ausgestaltet ist, daß die auf ihn projizierten Signale in zweidimensionale Lagekoordinaten umgewandelt werden; und
- 5 c) einer Auswerteschaltung zum Bestimmen der Position, Orientierung und/oder Verformung des sich bewegenden Objektes aus den Lagekoordinaten.
- 15 15. Vorrichtung nach Anspruch 14, mit einer Steuerschaltung zum Steuern der Signalgeber (A-G, M) derart, daß die Signale der Signalgeber (A-G, M) beim Lagedetektor (PSD) zeitlich nacheinander in entsprechenden Zeitfenstern eintreffen.
- 15 16. Vorrichtung nach Anspruch 13 oder 14, bei welcher jeder Signalgeber (A-G, M) derart ausgestaltet ist, daß er zusammen mit dem Signal eine Zusatzinformation zum Identifizieren des von ihm ausgesandten Signals überträgt.
- 20 17. Vorrichtung nach Anspruch 16, bei welcher jeder Signalgeber (A-G, M) derart ausgestaltet ist, daß die Zusatzinformation als Codierung in dem von dem Signalgeber (A-G, M) gesendeten Signal enthalten ist.
- 25 18. Vorrichtung nach Anspruch 17, bei welcher jeder Signalgeber (A-G, M) derart ausgestaltet ist, daß die Zusatzinformation dem von dem Signalgeber (A-G, M) gesendeten Signal aufmoduliert ist.
- 30 19. Vorrichtung nach Anspruch 17 oder 18, bei welcher der Lagedetektor (PSD) derart ausgestaltet ist, daß er codierte bzw. modulierte Zusatzinformation decodiert bzw. demoduliert.
- 35 20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 18, bei welcher ferner eine separate Empfangseinheit zum Empfangen der Zusatzinformation vorgesehen ist.

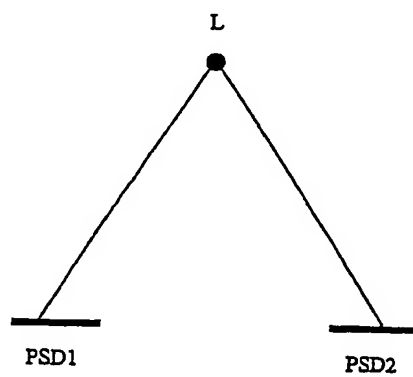
21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 20, bei welcher ein mit den Signalgebern (A-G, M) gekoppelter Zusatzinformation-Sender zum Senden der Zusatzinformation vorgesehen ist.
- 5 22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 21, bei welcher eine Steuersignal-Übertragungseinheit zum drahtlosen Übertragen des Steuersignals an die Signalgeber (A-G, M) vorgesehen ist, welches das Aussenden der Signalgeber steuert.
- 10 23. Vorrichtung nach Anspruch 22, bei welcher das Steuersignal optisch, per Funk oder per Ultraschall übertragen wird.
- 15 24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 23, bei welcher wenigstens sechs Signalgeber (A-G) verwendet werden und die Auswerteschaltung derart ausgestaltet ist, daß die Position des sich bewegenden Objektes in Form der drei orthogonalen Koordinaten im Raum und die Orientierung in Form der drei orthogonalen Drehwinkel im Raum bestimmt wird.
- 20 25. Vorrichtung nach Anspruch 24, bei welcher objektabhängig mehr als sechs Signalgeber (A-G, M) verwendet werden, welche so an dem Objekt angeordnet sind, daß in jeder möglichen Position, Orientierung und/oder Verformung des Objektes immer sechs Signale von sechs verschiedenen Signalgebern (A-G, M) auf dem zweidimensionalen Lagedetektor (PSD) abgebildet werden.
- 25 26. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welcher die elektromagnetischen Signale Infrarot-Lichtsignale sind.
- 30 27. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 26, bei welcher der Lagedetektor (PSD) ein PSD-Detektor ist.
- 35

1/5

Figur 1

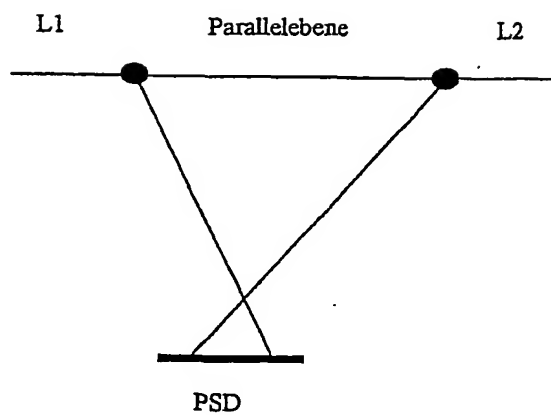


Figur 2

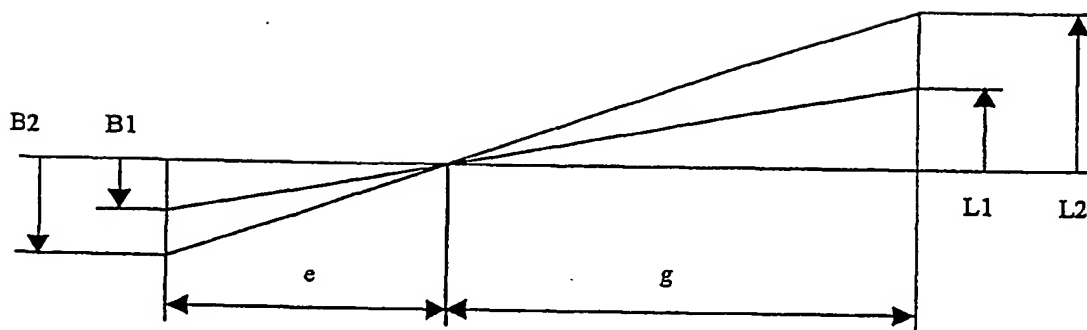


2/5

Figur 3

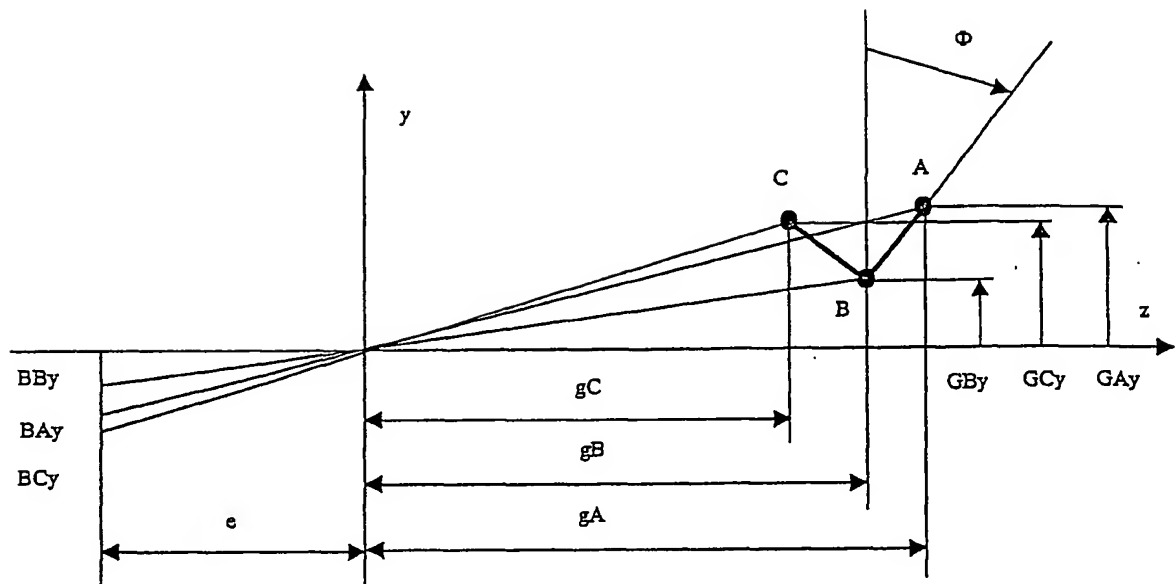


Figur 4

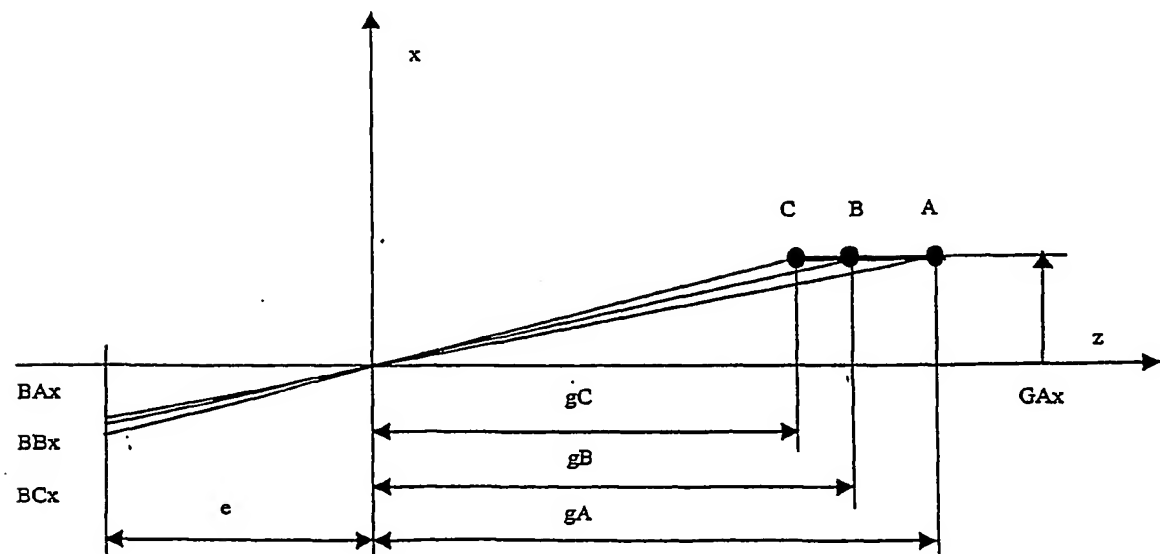


Figur 5a

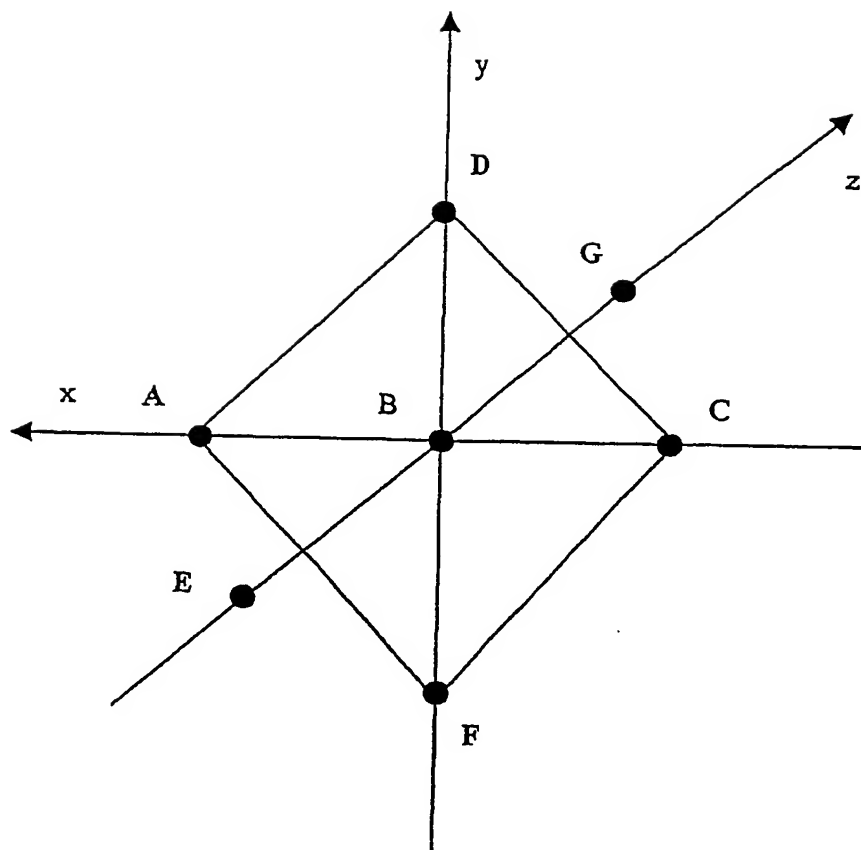
3/5



Figur 5b

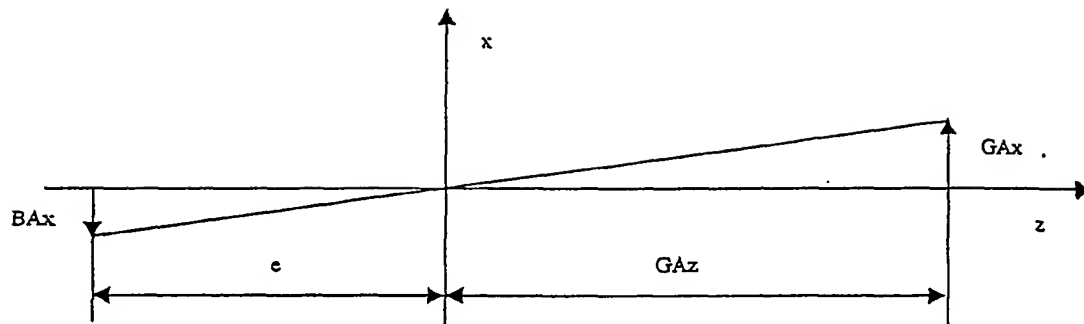


Figur 6a



5/5

Figur 6b:



Figur 6c:

